

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**Duración de la vida productiva y producción de leche de vacas  
Holstein con hasta cuatro lactancias prolongadas**

Por:

**HUGO LISANDRO GUTIÉRREZ SÁNCHEZ**

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

**INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2020

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO PRODUCCIÓN ANIMAL

Duración de la vida productiva y producción de leche de vacas  
Holstein con hasta cuatro lactancias prolongadas

POR:

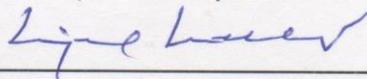
**HUGO LISANDRO GUTIÉRREZ SÁNCHEZ**

TESIS

Que se somete a consideración del H. jurado examinador como  
requisito para obtener el título de:

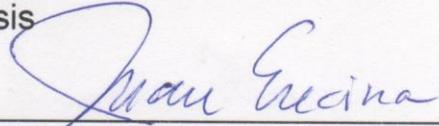
**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:



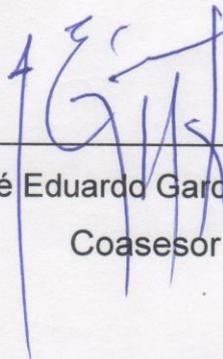
Ph.D. Miguel Ángel Mellado Bosque

Asesor de tesis

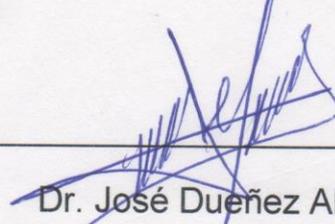


Dr. Juan Antonio Encina Domínguez

Coasesor

  
Dr. José Eduardo García Martínez

Coasesor

  
Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Octubre de 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme aceptado, darme tantas facilidades, abrirme muchas oportunidades durante mi vida estudiantil, por haberme formado como profesionalista, estaré eternamente agradecido.**

**A mis asesores de tesis por haber dedicado tiempo en revisar este trabajo, aprecio de manera valiosa sus comentarios y sugerencias, gracias por la motivación en el desarrollo de esta investigación.**

**Al establo Granja Eucaliptos, a sus directivos y trabajadores, por aceptarme en mi estancia de prácticas y darme la oportunidad de coleccionar datos que dieron fruto a este trabajo de investigación.**

## **DEDICATORIA**

**A mis padres por todo el apoyo y cariño, por siempre motivarme, alentarme, darme consejos, regaños, por sus palabras de aliento y de consolación.**

**A toda mi familia y amigos, por su valioso apoyo, por todos los momentos compartidos, siempre recordados con gran emoción.**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>TABLA DE CONTENIDO</b> .....	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivos Específicos.....	<b>3</b>
1.2 Hipótesis .....	<b>3</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Producción de leche y persistencia de la lactancia.....	<b>4</b>
2.2 Reproducción y salud en vacas con lactancias prolongadas.....	<b>5</b>
2.3 Lactancias prolongadas .....	<b>6</b>
<b>III. MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>9</b>
3.1 Estudio del hato, condiciones de alojamiento y alimentación. ....	<b>9</b>
3.2 Colección de datos.....	<b>9</b>
3.3 Colecta de datos de leche.....	<b>10</b>
3.4 Manejo de los datos.....	<b>10</b>
3.5 Análisis estadístico.....	<b>11</b>
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>12</b>
4.1 Producción de leche.....	<b>12</b>
4.2 Supervivencia para días acumulados en leche.....	<b>13</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	<b>16</b>
5.1 Producción de leche.....	<b>16</b>
5.2 Vida productiva de las vacas. ....	<b>17</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>19</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<b>Cuadro 1.</b> Producción de leche en la vida útil de vacas Holstein altas productoras con 4 lactancias y experimentando lactancias extendidas ( $\geq 450$ días).....	<b>14</b>
<b>Figura 1.</b> Asociación entre la producción total de leche durante la primera lactancia y la producción de leche acumulada durante las cuatro lactancias de vacas Holstein altas productoras experimentando de 0 a 4 lactancias prolongadas ( $\geq 450$ días).....	<b>14</b>
<b>Figura 2.</b> Curvas de supervivencia Kaplan–Meier para días acumulados en leche durante cuatro lactancias de vacas Holstein altas productoras experimentado de 0 a 4 lactancias prolongadas ( $\geq 450$ días). .....	<b>15</b>

## RESUMEN

Para caracterizar la producción de leche de vacas Holstein altas productoras ordeñadas tres veces por día y experimentando de 0 a 4 lactancias prolongadas ( $\geq 450$  días) en un ambiente caluroso se utilizaron datos de 2616 lactancias (cuatro lactancias completas por vaca). Además se planteó evaluar la asociación entre la producción total de leche durante la primera lactancia y la producción de leche acumulada durante las cuatro lactancias e identificar la probabilidad de supervivencia para días acumulados en leche durante cuatro lactancias. La producción media por lactancia de vacas con al menos una lactancia prolongada  $\geq 450$  días fue superior a 12,012 kg. La producción diaria de leche durante la vida productiva fue de 32 y 31.6 kg para vacas que no experimentaron y vacas que experimentaron una lactancia prolongada, respectivamente. Las vacas con al menos una lactancia prolongada tuvieron una mayor producción diaria de leche por día de vida ( $P < 0.01$ ) comparado con vacas con lactancias tradicionales. La curva de regresión muestra una alta correlación ( $r^2 = 0.82$ ) y expone un aumento en la producción de leche acumulada en las cuatro lactancias con el incremento de la producción de leche en la primera lactancia. Las curvas de supervivencia de Kaplan-Meier indicaron la reducción drástica de probabilidad de supervivencia después de los 1200 días en leche (DEL) acumulados (cuatro lactancias) de vacas que no presentaron lactancias prolongadas. Las vacas con al menos una lactancia prolongada presentaron una mayor vida productiva y fueron más longevas. Vacas Holstein bien manejadas ordeñadas tres veces por día acumularon más de una lactancia prolongada mayor a 450 días incrementando su desempeño productivo tal como la producción de leche durante la vida productiva, alargando el periodo de vida útil.

## ABSTRACT

One data file consistent in 2616 lactations (four complete lactations per cow) was used for characterizing the milk yield of high-yielding Holstein cows milking thrice a day and experimenting 0 to 4 extended lactation ( $\geq 450$  days) in a hot environmental. Additional objectives were to assess the association between total milk yield in the first lactation and the accumulated milk yield in the whole 4 lactations, and identify the survival rate for cumulative days in milk in the four lactations. Median milk yield for each lactation of cows with at least one extended lactation  $\geq 450$  days was over 12,012 kg. The daily milk yield during the productive life was 32 and 31.6 kg for cow without and experimenting extended lactations, respectively. Cows experimenting at least one extended lactation had a higher milk yield per day of life ( $P < 0.01$ ) compared with traditional lactation cows. The regression curve found a high correlation ( $r^2 = 0.82$ ) showing an increase in the accumulate milk yield in the four lactations according to the increase in the milk yield in the first lactation. The Kaplan-Meier survival curves indicated the drastic reduction of likelihood survival moreover 1200 accumulated DIM (four lactations) of cows than those no experimenting extended lactations. Cows with at least one extended lactation had a higher lifespan and longevity. The data show that high-yielding well-managed Holstein cows milking thrice a day were capable to accumulate more than one extended lactation above 450 days increasing the productive performance such as milk yield during the lifetime, lengthening the lifespan.

## I. INTRODUCCIÓN

De manera general, las lactancias prolongadas son resultado de una baja fertilidad, vinculada a las correlaciones genéticas desfavorables entre la producción de leche y los parámetros reproductivos en vacas lecheras (Pryce *et al.*, 2004). Las lactancias prolongadas pueden derivar de una falla reproductiva más que de una decisión deliberada (Overg, 2016).

Los objetivos principales en explotaciones lecheras intensivas es tener un intervalo entre partos de 12-13 meses. Esto se puede alcanzar siempre que las vacas queden gestantes antes de los 120 días en leche (en lo sucesivo DEL), que es considerado óptimo en términos de rentabilidad (De Vries, 2006). Para vacas Holstein altas productoras en zonas cálidas del norte de México, sometidas a estrés por calor el cual se acentúa por tres ordeñas diarias, índice de radiación solar intensa, elevada temperatura ambiental, menor enfriamiento nocturno, y poco movimiento de aire, hace difícil establecer una gestación (Mellado *et al.*, 2012).

Prolongar la lactancia de la práctica habitual por más de diez meses en zonas con temperaturas altas, baja fertilidad del hato y consecuentemente un menor número de vaquillas de reemplazo, puede ser una alternativa para los productores de leche (Mellado *et al.*, 2016). El uso de las lactancias prolongadas puede incrementar la vida útil de las vacas además del tiempo de vida en producción sin afectar las propiedades de calidad de la leche (Sehested *et al.*, 2019). La mayoría de la incidencia de enfermedades (mastitis, cetosis, desordenes metabólicos, laminitis) ocurren en la lactancia temprana (Ingvarsen *et al.*, 2003), por lo que la estrategia de lactancias prolongadas disminuye el número de partos por año, disminuyendo el número de periodo de riesgo para la salud asociados con el parto.

La estrategia de lactancias prolongadas tiene el potencial de mejorar la longevidad de las vacas productoras de leche y la de su vida útil. Otras ventajas son la reducción de costos por inseminación, costos veterinarios y costos por

crianza de vaquillas de reemplazo (Sehested *et al.*, 2019), lo que beneficiará la economía de la granja lechera.

El Incremento de la capacidad de producción de leche está asociado con una disminución de fertilidad en vacas lactantes. Las dietas altas en proteína cruda pueden sostener una alta producción de leche pero están también asociados con bajo rendimiento reproductivo. Niveles altos de proteína en la dieta puede resultar en elevadas concentraciones de urea en el plasma sanguíneo que afectan el ambiente uterino y la fertilidad (Butler, 2000).

En las vacas lecheras se han realizado un gran número de estudios sobre las lactancias prolongadas, pero no se conoce el desempeño de producción de leche en vacas con varias lactancias prolongadas consecutivas.

## **1.1 Objetivos Específicos**

1. Describir la producción de leche y la vida útil de vacas Holstein altas productoras con hasta cuatro lactaciones prolongadas consecutivas ( $\geq 450$  días).
2. Determinar la asociación entre la producción de leche total en la primera lactancia y la producción de leche acumulada durante las cuatro lactancias de vacas Holstein altas productoras experimentando de 0 a 4 lactaciones prolongadas ( $\geq 450$  días).
3. Determinar la probabilidad de supervivencia por medio de los días acumulados en leche durante cuatro lactancias de vacas Holstein altas productoras experimentando de cero a cuatro lactaciones prolongadas ( $\geq 450$  días).

## **1.2 Hipótesis**

1. Las vacas con cuatro lactancias que experimentan al menos una lactancia prolongada tendrán una producción de más kilogramos de leche acumulada en su vida productiva y por lactancia en comparación con vacas con cuatro lactancias que no tienen lactancias prolongadas.
2. La producción de leche acumulada durante las cuatro lactancias de vacas Holstein altas productoras experimentando de 0 a 4 lactancias prolongadas ( $\geq 450$  días) está asociada a la producción de leche total en la primera lactancia.
3. Las vacas que experimentan una o más lactancias prolongadas tendrán mayor probabilidad de supervivencia por días acumulados en leche durante cuatro lactancias en comparación con vacas que tienen lactancias tradicionales 305-d.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Producción de leche y persistencia de la lactancia.

La duración de la lactancia se puede incrementar de dos maneras: desplazando la curva de lactancia hacia un plano más alto (mejorar la producción), o cambiando la forma de la curva, reduciendo la tasa de disminución de la producción después del pico de lactancia (mejorando la persistencia) (Knight, 2000). Retrasar la preñez en combinación con suplementación de Somatotropina bovina recombinada (rbST) permite un intervalo entre partos prolongados, esto debido a un incremento en la persistencia de la producción de leche (Amburgh *et al.*, 1997). Con el uso de la hormona del crecimiento (rbST), se ha incrementado la producción de leche del 11.3 % y 15.6 %, en vacas primíparas y múltiparas, respectivamente; aunque existieron variaciones considerables entre estudios. El tratamiento incrementó el consumo de materia seca 1.5 kg/día en promedio durante el periodo de suministro y el consumo de materia seca permaneció elevado dentro de los primeros 60 días de la lactancia subsecuente. A pesar del incremento en consumo de materia seca, los animales tratados con rbST tuvieron una baja condición corporal al final del periodo de tratamiento, y esta condición corporal reducida permaneció hasta el inicio de la lactancia subsiguiente (Dohoo *et al.*, 2003).

De acuerdo con Carriquiry *et al.* (2008) indican que el inicio de la administración de rbST a vacas antes de los 35 DEL incrementa el rendimiento de leche corregida por grasa (FCM) pero la respuesta fue muy inferior a lo normalmente observado cuando la administración de rbST se inició en la semana 9 de la lactancia. La administración de rbST durante la lactancia media además de incrementar los niveles de factor de crecimiento parecido a la insulina (IGF-I), incrementó la proliferación de células mamarias sin efectos significativos sobre la apoptosis, y los cambios en la concentración de IGF-I se correlacionan positivamente con la persistencia (Sorensen y Knight, 2002), por lo tanto, puede explicar la capacidad de la rbST para aumentar la persistencia de la lactancia

(Capuco *et al.*, 2001). IGF-I sérico se incrementó con los días en la lactancia y fue mayor en primíparas que en múltiparas (Miller *et al.*, 2006).

En un estudio realizado por Brotherstone *et al.*, (2004) el pico de producción en la lactancia para todas las vaquillas de primer parto ocurrió alrededor de los 55 DEL, donde para las vacas de segunda y tercera lactancia el pico de producción se alcanzó 20 días más temprano, además, los rendimientos diarios más altos para vaquillas y de segunda lactancia fueron para animales que quedaron preñados después de los 150 DEL, mostrando que la forma de la curva de la lactancia depende de la etapa en la lactancia cuando ocurre la preñez.

La persistencia de la producción de leche es deprimida por la preñez concurrente y la nutrición deficiente; éste rasgo está inversamente correlacionado con el pico de producción y es una característica hereditable (Sorensen y Knight, 2002). En un estudio donde se caracterizó la producción de leche por lactancia de vacas de primera y segunda lactancia, donde la producción de leche fue mayor en múltiparas en la lactancia temprana y en el pico de la lactancia. Sin embargo, el nivel de producción de vacas múltiparas disminuyó más rápidamente, siendo similar al grupo de las primíparas al final de la lactancia, a los 250 DEL, la producción de leche fue equivalente,  $23.9 \pm 1.5$  kg/d para el grupo de las múltiparas y  $23.8 \pm 1.1$  kg/d para el grupo de las primíparas, estos resultados son consistentes con un bajo grado de diferenciación y una mayor capacidad de renovación celular en la glándula mamaria de las vacas primíparas, la glándula mamaria fue metabólicamente más activa en vacas múltiparas al inicio y al pico de la lactancia (Miller *et al.*, 2006).

## **2.2 Reproducción y salud en vacas con lactancias prolongadas.**

Las vacas manejadas con intervalos de parto largos mejoran la fertilidad (Larsson y Berglund, 2000). Las vacas con intervalos cortos necesitan más tratamientos hormonales para ser inseminados a tiempo fijo debido al anestro postparto, comparado con vacas con intervalos entre parto largos. El incremento de la capacidad de producción de leche ha sido asociado con una reducción de la fertilidad de vacas lactantes. Los requerimientos nutricionales se incrementan con

la producción de leche después del parto y da como resultado un balance energético negativo (en lo sucesivo BALEN). El BALEN retrasa el tiempo de la primera ovulación a causa de la inhibición de la frecuencia en los pulsos de LH y los bajos niveles de glucosa, insulina y factor de crecimiento parecido a la insulina (IGF-I) en sangre que colectivamente disminuyen la producción de estrógenos por los folículos dominantes. La regulación positiva de los pulsos de LH y el IGF-I periférico en asociación con el nadir BALEN facilita la ovulación. El BALEN reduce los niveles séricos de progesterona, y en consecuencia, la fertilidad (Butler, 2000).

Estrategias nutricionales para cubrir los requerimientos nutricionales de vacas lecheras altas productoras han sido ajustadas en respuesta al incremento del potencial genético para producción de leche. Las dietas altas en proteína cruda (17% a 19%) son alimentadas durante la lactancia temprana para estimular una alta producción de leche; sin embargo, dietas altas en proteína han sido asociadas en la reducción del desempeño reproductivo (Butler, 1998; Westwood *et al.*, 1998). La proteína elevada en la dieta puede resultar en concentraciones de urea elevadas en el plasma sanguíneo que afectan el ambiente uterino y la fertilidad (Butler, 2000).

### **2.3 Lactancias prolongadas**

Las vacas productoras de leche manejadas con intervalos entre partos prolongados pueden mantener o aún incrementar la producción de leche diaria a través de la lactancia y tener una vida productiva más prolongada. Bertilsson y Osterman (2003) muestran que un largo intervalo entre partos no significa una baja productividad en las vacas lecheras. Algunos estudios indican que vacas completando una lactancia prolongada puede producir igual cantidad de leche por día de alimentación (días de lactancias más días en periodo seco) (Arbel *et al.*, 2001; Osterman y Bertilsson, 2003; Lehmann *et al.*, 2014).

La estrategia de lactancias prolongadas desencadena efectos a niveles del hato y granja. Así, la lactancia prolongada conlleva a pocos partos por año, por lo tanto, se esperan menos enfermedades, menos vaquillas de reemplazo y menos días en periodo seco por vaca por año (Sehested *et al.*, 2019).

En un experimento realizado por Sorensen *et al.* (2008) donde se estudiaron la frecuencia de ordeño, estación de parto y nutrición sobre las características de la lactancia durante dos ciclos de lactancias prolongadas de 18 meses, se muestra que la persistencia de la lactancia (y por lo tanto, el rendimiento total de leche) aumentó significativamente por la frecuencia de ordeño. La persistencia se incrementó por ordeñar tres veces al día en lugar de dos, este aumento fue del 10 al 15%, lo cual fue considerablemente grande y estuvo asociado con ordeñar tres veces al día. Las vacas paridas en invierno y las suplementadas también exhibieron una mejor persistencia pero solo fue evidente hasta el momento de la reproducción, alrededor de la semana 33 de la lactancia, demostrando que la persistencia en la lactancia es plástica y puede ser mejorada por intervenciones de manejo. Los porcentajes de grasa y proteína en la leche aumentan y el porcentaje de lactosa disminuye, independientemente del tratamiento.

Taylor *et al.* (2010) comparó grupos de vacas lecheras de razas suecas y Holstein con intervalos entre partos de 12 y 15 meses y observó un incremento en la producción total de leche de 15 a 16 % en el grupo de intervalos entre partos prolongados, mientras que los contenidos de grasa, proteína y lactosa fueron ligeramente inferiores. La posibilidad para una lactancia prolongada, vacas primíparas, en general, mantienen su producción por más tiempo que vacas múltiparas. El promedio de producción de leche por día dentro del intervalo de parto tendió a ser ligeramente bajo (2-5 %) cuando el intervalo fue prolongado, debido a largos periodos con baja producción y largos periodos secos. Sin embargo, las vacas Holstein de alto rendimiento que se sometieron a intervalos de parto de 18 meses produjeron leche de alta calidad desde la lactancia media hasta la prolongada, las concentraciones de grasa, proteínas y caseína aumentaron, respectivamente, en un 18, 16 y 16 % de los 140 a los 420 DEL, mejorando las propiedades para la elaboración de quesos (Maciel *et al.*, 2016).

En un estudio realizado por Gaillard *et al.* (2016) se usó el modelo GARUNS para predecir la producción de leche y comportamiento reproductivo en el tiempo de vida de vacas Holstein para diferentes tiempos de lactancia,

mostrando como mejores escenarios a vacas primíparas manejadas con lactancias prolongadas de 16 meses, seguido por 10 meses de lactancias y vacas manejadas por lactancias de 16 meses durante toda su vida. En comparación con ciclo de lactancias de 10 meses seguido por lactancias prolongadas de 16 meses y vacas que fueron manejadas por lactancias de 10 meses durante toda su vida. Los mejores escenarios optimizaron el rendimiento de las vacas definido por la eficiencia de vida útil (relación del total de energía de la leche producida y la energía consumida). Las vacas primíparas se beneficiaron de una lactancia prolongada ya que tienen más tiempo para finalizar su crecimiento mientras producen una menor cantidad de leche que las vacas multíparas. Sin embargo, Lehmann *et al.* (2017) indican que la producción de leche en la lactancia previa y en el segundo y tercer registro de leche correlaciona bien con el potencial de producción de leche, y por lo tanto, pueden ser indicadores promisorios para diferenciar el tiempo de la primera inseminación y por consecuencia al momento de seleccionar las vacas más adecuadas para lactancias prolongadas.

Las lactancias prolongadas son económicamente competitivas siempre que se maximice la persistencia, que es mejorada por simples procedimientos de manejo: ordeño con mayor frecuencia, buena y consistente alimentación, uso inteligente de los datos de manejo, y atención a los detalles durante todo el ciclo de la lactancia (Knight, 2005).

El modelo de Garnsworthy, (2004) muestra que un hato con una longevidad mejorada tiene menos efectos ambientales, debido al bajo número de vaquillas de reemplazo, quienes producen 27% del metano producido en la granja, mitigando las emisiones de este gas. El uso de las lactancias prolongadas en el manejo de las vacas lecheras puede reducir las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) por kg de leche de producciones orgánicas de leche con alto rendimiento, y al mismo tiempo, incrementar la rentabilidad y mejorar el bienestar de las vacas; diversos autores dan a conocer que no todas las vacas pueden producir leche por un periodo prolongado de tiempo (Lehmann *et al.*, 2014).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Estudio del hato, condiciones de alojamiento y alimentación.**

La información presentada fue colectada en un establo lechero comercial localizado en el municipio de Gómez Palacio, Durango (26°N, una altitud de 1,140 m, temperatura media anual de 22.7°C, precipitación media anual de 230 mm). Esta zona se caracteriza por altas temperaturas diurnas en primavera, verano y otoño (alrededor de 40°C) e intensa radiación solar asociada con una baja humedad relativa.

El tamaño del hato oscila de 1700 a 2400 vacas Holstein lactantes alojadas en lotes abiertos, piso de tierra, corrales con amplias estructuras de sombra en cada corral con pasillo de alimentación. Las vacas fueron alimentadas a libre acceso con una tasa de rechazo de alimento diario de aproximadamente 5% de lo ofrecido. Con una ración totalmente mezclada (TMR) para proporcionar los nutrientes recomendados (1.62 Mcal/kg NEL, 18 % proteína cruda) para vacas de 670 kg produciendo >35 kg de leche/día (NRC, 2001).

Las vacas fueron ordeñadas tres veces al día (07:00, 15:00, 19:00 h) en sala de ordeña tipo carrusel y alimentadas después de cada ordeña. El número de lactaciones prolongadas consideradas varían de cero a cuatro; con una condición corporal de las vacas al momento del parto de 2.75 a 4.0 (escala 1-5).

#### **3.2 Colección de datos.**

Se utilizó una base de datos (n = 2616 lactancias; cuatro lactancias completas por vaca). Los datos comprenden un periodo de 4 años desde el inicio de la lactancia en 2015 y finaliza en 2019. Esta información sirvió para obtener la producción de la vida útil de vacas Holstein altas productoras con cuatro lactancias y experimentando lactancias prolongadas ( $\geq 450$  días), como también la asociación entre la producción de leche total en la primera lactancia y la producción de leche acumulada en las cuatro lactancias de vacas que experimentaron de 0 a 4 lactancias prolongadas, además para obtener la curva de

supervivencia por días acumulados en leche durante cuatro lactancias de vacas que experimentaron de 0 a 4 lactancias prolongadas.

### **3.3 Colecta de datos de leche.**

La producción de leche por ordeña (tres veces al día) se registró todos los días de forma electrónica por cada vaca utilizando equipos MADERO de ordeño instalado en el establo y vinculado a una computadora receptora de datos para cada vaca de forma separada. Los medidores de leche se revisaron y calibraron por el proveedor de los equipo de ordeño. Los datos fueron utilizados para calcular producción de leche de lactancias prolongadas (>450 DEL) y producción de leche acumulada en las cuatro lactancias. Las vacas con producción de leche  $\leq 23$  kg eran secadas. Las vacas preñadas que mantuvieron una superior a este nivel en toda la lactancia fueron secadas 60 días antes de la fecha esperada de parto.

### **3.4 Manejo de los datos.**

Se registrarán las siguientes variables:

- Número de lactancias.
- Promedio de duración de las lactancias.
- Producción de leche a 305 días.
- Producción de leche total.
- Suma de producción de leche durante la vida útil de las vacas (4 lactancias).
- Número de lactancias prolongadas en la vida útil de las vacas (4 lactancias).
- Vida útil de las vacas (intervalo entre primer parto y fecha de secado de la cuarta lactancia).

### 3.5 Análisis estadístico

Los datos continuos fueron analizados para determinar su normalidad utilizando la distribución de Gauss y coeficientes de asimetría y curtosis (PROC UNIVARIATE en SAS), para medir la asimetría de la distribución y picos anormales. Todas estas variables fueron normales. Los datos sobre la producción de leche, se analizaron de acuerdo con un diseño completamente al azar utilizando el procedimiento PROC MIXED de SAS. El modelo general utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + e_{ij}$$

Dónde:  $Y_{ij}$  es la variable dependiente,  $\mu$  es la media general,  $A_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo grupo y  $e_{ij}$  es el error residual aleatorio. El procedimiento PDIFF de SAS fue utilizado para comparar las medias de los grupos para todas las variables asociadas a la producción de leche.

El software CurveExpert Professional 1.5 se utilizó para modelar la asociación entre la producción total de leche durante la primera lactancia y la producción de leche acumulada durante las cuatro lactancias de vacas. Para todos los análisis estadísticos, los valores con  $P < 0.05$  se consideraron estadísticamente significativos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Producción de leche

Los datos de producción de leche se muestran en el cuadro 1. Las vacas que experimentaron al menos una lactancia prolongada presentaron una producción mayor de ( $P < 0.01$ ) cantidad de leche acumulada en su vida productiva en cuatro lactancias en comparación con las vacas que no experimentaron lactancias prolongadas en sus primeras cuatro lactancias consecutivas. De manera similar la media de producción de leche por lactancia, en las vacas con al menos una lactancia prolongada presentaron una producción de 1,709 kg más de leche que las vacas sin lactancias prolongadas. Por otra parte, las vacas con cuatro lactancias prolongadas registraron una producción de 5,614 más kg de leche por lactancia que vacas sin lactancias prolongadas.

Las vacas que presentaron al menos una lactancia prolongada mantuvieron 236 más ( $P < 0.05$ ) días de lactancia que las vacas sin lactancias prolongadas, pero las vacas que consistentemente presentaron lactancias prolongadas tuvieron 944 más días de producción que las vacas testigo (ninguna lactancia prolongada). La producción por día de vida productiva es decir por días desde el primer parto hasta el sacrificio en la cuarta lactancia no fue significativa entre vacas que no presentaron lactancias prolongadas y las que presentaron al menos una lactancia prolongada. Sin embargo, la producción diaria por vida productiva fue 3.4 kg menor ( $P < 0.05$ ) en las vacas con 4 lactancias prolongadas en comparación con las vacas testigo.

La producción de leche diaria por día de vida es decir desde el día de nacimiento hasta el sacrificio en la cuarta lactancia fue significativamente superior en vacas que registraron al menos una lactancia prolongada en comparación con vacas que no presentaron lactancias prolongadas. Las vacas que tuvieron al menos una lactancia prolongada tuvieron mayor porcentaje (62 vs. 58%) de vida en producción de leche con respecto a los días de vida al compararse con el grupo testigo. Los DEL (% por día de vida) de las vacas con 4 lactancias

prolongadas fue superior (13 puntos porcentuales;  $P < 0.01$ ) comparado con las vacas testigo.

Se encontró una alta correlación ( $r^2 = 0.82$ ) entre la producción total de leche durante la primera lactancia y la producción de leche acumulada durante las cuatro lactancias (Figura 1). La dispersión de los datos se incrementó alrededor de los 13,000 kg de leche en la primera lactancia y mostraron un aumento en la producción de leche acumulada en las cuatro lactancias conforme se incrementó la producción de leche total en la primera lactancia.

#### **4.2 Supervivencia para días acumulados en leche.**

En la Figura 2, se muestra las curvas de supervivencia para días acumulados en leche durante las cuatro lactancias. Las probabilidades de supervivencia de vacas que no presentaron lactancias prolongadas se redujeron después de los 1200 DEL acumulados (4 lactancias). Las probabilidades de supervivencia de vacas que presentaron 1, 2, 3 y 4 lactancias prolongadas disminuyeron a partir de los 1500, 1700, 1800 y 1900 días en leche acumulados (4 lactancias). Las vacas que experimentaron al menos una lactancia prolongada presentaron mayor probabilidad de supervivencia al acumularse los días en leche más de los 1200 en las cuatro lactancias en comparación con las vacas que no presentaron lactancias prolongadas, por lo tanto, las vacas con al menos una lactancia prolongada tuvieron una mayor vida productiva y fueron más longevas.

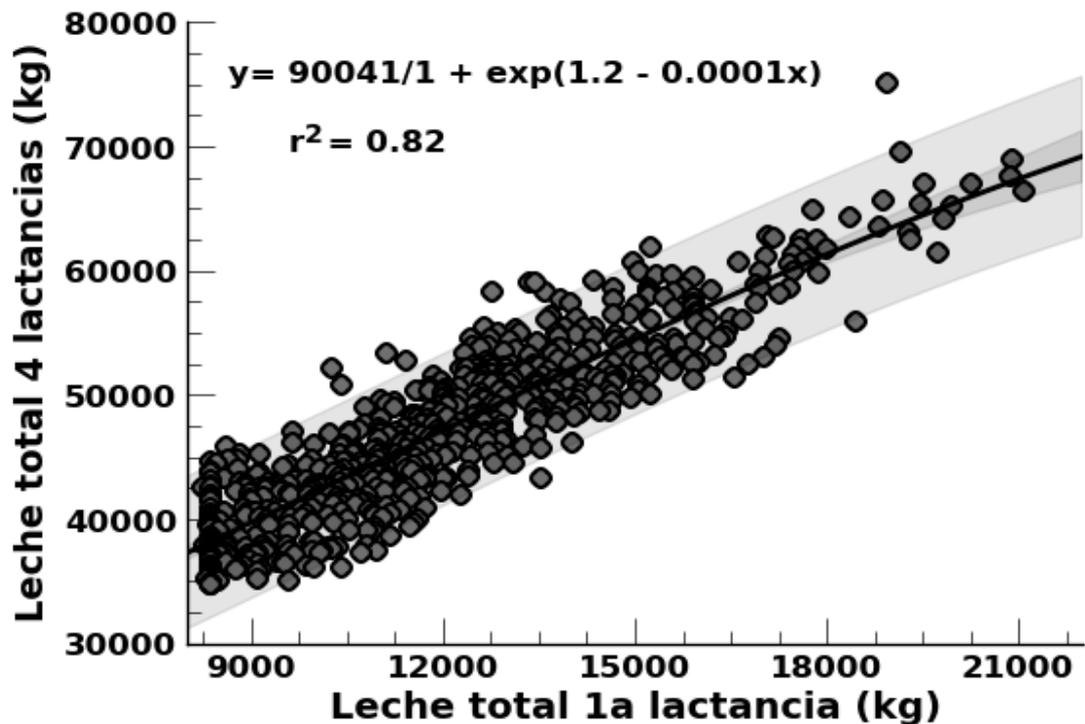
**Cuadro 1. Producción de leche en la vida útil de vacas Holstein altas productoras con 4 lactancias y experimentando lactancias extendidas ( $\geq 450$  días)**

Variables	Numero de lactancias prolongadas (>450 días)					SEM*
	0	1	2	3	4	
Observaciones (n)	302	168	112	61	11	
Leche acumulada (kg/vida productiva)	41239 <sup>a</sup>	48049 <sup>b</sup>	53394 <sup>c</sup>	58874 <sup>d</sup>	63692 <sup>e</sup>	3527
Media de producción de leche (kg/lactancia)	10309 <sup>a</sup>	12012 <sup>b</sup>	13348 <sup>c</sup>	14718 <sup>d</sup>	15923 <sup>e</sup>	881
Días acumulados en leche (4 lactancias)	1284 <sup>a</sup>	1520 <sup>b</sup>	1753 <sup>c</sup>	2004 <sup>d</sup>	2228 <sup>e</sup>	109
Producción diaria/vida productiva (kg)**	32.0 <sup>a</sup>	31.6 <sup>a</sup>	30.5 <sup>b</sup>	29.4 <sup>c</sup>	28.6 <sup>d</sup>	1.3
Producción diaria/día de vida (kg)***	18.7 <sup>a</sup>	19.7 <sup>b</sup>	19.9 <sup>b</sup>	20.0 <sup>b</sup>	20.1 <sup>b</sup>	1.1
Días en leche (% por día de vida)	58 <sup>a</sup>	62 <sup>b</sup>	65 <sup>c</sup>	68 <sup>d</sup>	71 <sup>e</sup>	2.4

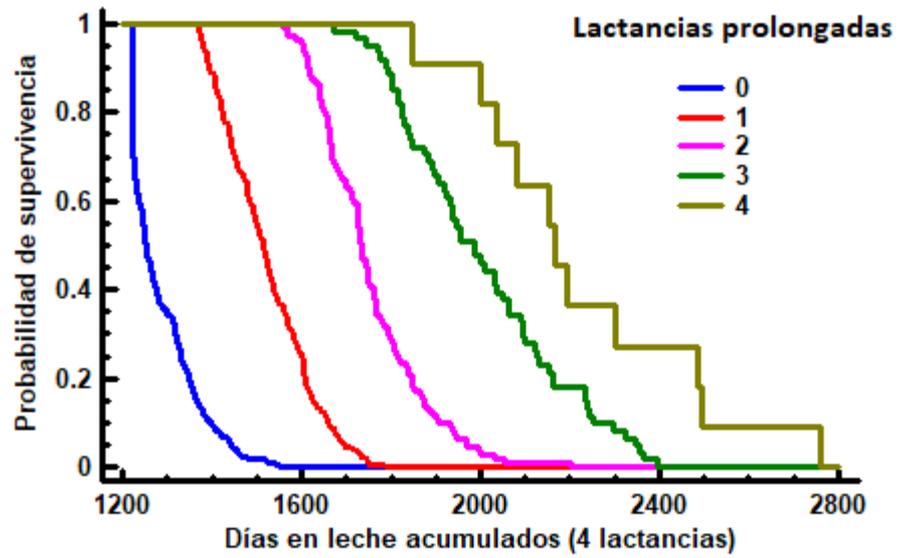
SEM: Error estándar de la media.

\*\*Vida productiva: el número de días desde el primer parto hasta el sacrificio en la cuarta lactancia.

\*\*\*Días de vida: El número de días desde el nacimiento al sacrificio en la cuarta lactancia.



**Figura 1.** Asociación entre la producción total de leche durante la primera lactancia y la producción de leche acumulada durante las cuatro lactancias de vacas Holstein altas productoras experimentando de 0 a 4 lactancias prolongadas ( $\geq 450$  días).



**Figura 2.** Curvas de supervivencia Kaplan–Meier para días acumulados en leche durante cuatro lactancias de vacas Holstein altas productoras experimentado de 0 a 4 lactancias prolongadas ( $\geq 450$  días).

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Producción de leche.

En esta investigación se muestran vacas Holstein altas productoras manejadas en ambientes calurosos, experimentando una o más lactancias prolongadas ( $\geq 450$  días), estos resultados fueron consecuencia de fallas en la concepción en los primeros servicios y no causa de posponer el primer servicio después del parto.

La media de producción de leche por lactancia durante las cuatro lactancias de vacas que experimentaron al menos una lactancia prolongada ( $>450$  días) fue mayor a 12,012 kg en comparación con vacas que no presentaron lactancias prolongadas. Estos resultados coinciden con Mellado *et al.* (2016) quienes encontraron evidencia de producción de vacas con lactancias de 305 días  $>11,000$  kg fueron 1.6 veces más proclives a experimentar lactancia prolongadas que vacas con producción por lactancia  $<11,000$  kg de leche.

Para vacas multíparas, las lactancias de 480 días son menos ventajosas que para las vacas primíparas porque tienen más días con baja producción de leche al final de la lactancia (Sehested *et al.*, 2019). Los resultados muestran que vacas Holstein altas productoras pueden tener hasta 4 lactancias prolongadas con promedios de producción de leche diaria durante toda su vida productiva de 28.6 kg. La media de producción de leche por lactancia de vacas que tuvieron una lactancia prolongada fue 16.5% mayor a la media de vacas con lactaciones convencionales, estos resultados son similares al 17.3% como proporción de leche durante la prolongación de la lactancia en relación a la lactancia en 305-d (Sawa y Bogucki, 2009).

La producción de leche diaria en la vida productiva de vacas sin lactancias prolongadas no fue diferente significativamente a vacas con una lactancia prolongada, sin embargo, las vacas que experimentaron 2, 3 y 4 lactancias prolongadas tuvieron una reducción de leche diaria en su vida productiva de 1.5, 2.6 y 3.4 kg, respectivamente. Bertilsson y Osterman (2003) en intervalos

prolongados entre partos de 18 meses, encontraron un incremento promedio de ECM (leche corregida por energía) 1.3 kg/día de intervalo entre parto en vacas primíparas, mientras que las vacas múltiparas disminuyeron su producción de ECM por 1.0 kg/día de intervalo entre parto. En un estudio donde se compararon intervalos entre parto de un sistema convencional y un sistema orgánico (14.2m ± 84d, 17m ± 95d) la producción por día de alimentación fue de 31.3 y 29.4 kg de LEC, 1.9 kg de LEC que en lactancias prolongadas (Lehmann et al., 2014).

## **5.2 Vida productiva de las vacas.**

Las fallas en la reproducción provocan lactancias prolongadas, por lo tanto, una opción para los productores de leche es alargar el periodo voluntario de espera y conseguir que vacas queden preñadas más tarde en la lactancia y ahorrar dinero en servicios fallidos, ordeñar tres veces por día permite a los productores prolongar la lactancia de vacas a pesar de no estar preñadas más allá de los 8 meses en leche. De acuerdo con Flores, (2019) aún con dos ordeñas por día, la producción de leche de las vacas con lactancias >480 días es satisfactoria.

Para predecir el desempeño productivo y reproductivo del tiempo de vida de vacas Holstein para diferentes duraciones de la lactancia Gaillard *et al.* (2016) utilizaron el modelo GARUNS, en donde el objetivo fue determinar el escenario de tiempo de vida que optimizara el desempeño de las vacas, definido como eficiencia de tiempo de vida (relación de la energía total de la leche producida y la energía consumida) y tasa de preñez, la simulación indicó que las vacas primíparas con lactancias prolongadas de 16 meses, seguidas por lactancias de 10 meses, permite incrementar el tiempo de vida y resulta similar a vacas manejadas por lactancia de 16 meses durante su vida entera

Los resultados obtenidos muestran que en vacas con cuatro lactancias prolongadas (>450) días cada una, no existen diferencias significativas en comparación con vacas que experimentaron 1, 2 y 3 lactancias prolongadas en la producción de leche por día de vida, por el contrario, vacas con cuatro lactancias prolongadas tuvieron una mayor producción por día de vida en comparación a

vacas que no experimentaron lactancias prolongadas. Estos resultados indican que manejar vacas con hasta cuatro lactaciones prolongadas pueden incrementar la vida productiva, por consecuencia, la longevidad, sin disminuir la producción de leche y la eficiencia de tiempo de vida. Sin embargo, la cantidad de vacas que experimentaron cuatro lactancias prolongadas fue bastante menor que vacas que experimentaron 1, 2 y 3 lactancias prolongadas. Por lo anterior, es razonable manejar a las vacas para que tengan por lo menos una lactancia prolongada para aumentar su vida productiva además de su porcentaje de DEL por día, sin afectar su producción de leche por día de vida.

Además en una investigación realizada por Lehmann *et al.*,(2019) se utilizó SimHerd para modelar la producción potencial individual por vaca, se extrapoló la persistencia de 1, 2 y 3 partos y se asumieron sin cambios para todos los escenarios de las lactancias prolongadas, y por lo tanto, similares a la lactancia base de 305-d. Modelando el manejo de todas las vacas para intervalos entre partos de 15 y 17 meses, se redujo la tasa de reemplazos con 8.5 y 13.6 puntos porcentuales y se incrementó el tiempo productivo total en el hato con 0.7 y 1.2 años, respectivamente. Además, la producción de leche se redujo en 1.7 y 3.8% por vaca por año, pero la vida productiva más larga incrementó la producción por día de vida 7.3 y 13.2 %, respectivamente. Los resultados anteriores concuerdan con los resultados de esta investigación donde se incrementó la producción por día de vida en vacas con una lactancia prolongada en 5.3 % con respecto a lactancias base, el tiempo productivo total en el hato se incrementó en 0.6, 1.3, 2.0 y 2.6 años en vacas que experimentaron 1, 2, 3 y 4 lactaciones productivas, respectivamente.

## **VI. CONCLUSIONES**

La acumulación de más de una lactancia prolongada incrementa la producción de kilogramos de leche acumulada en la vida productiva y por lactancia, en sistemas intensivos con tres ordeñas al día.

Los indicadores de desempeño productivo tales como el periodo de vida útil, producción de leche por día de vida fueron superiores en vacas que experimentaron lactancias prolongadas

Existe una asociación entre la producción de leche total en la primera lactancia y la producción de leche acumulada durante cuatro lactancias experimentando, o no, lactancias prolongadas. Esta puede ser utilizada al momento de dar el primer servicio, ya sea manteniendo un tiempo de espera voluntario normal, o más largo, que como consecuencia prolongará la lactancia.

Las vacas con una o más lactancias prolongadas son más probables de sobrevivir con el incremento de los días acumulados en producción de leche más allá de los 1200, aumentando el periodo de vida útil de las vacas.

## VII. LITERATURA CITADA

- Amburgh**, M. E. Van, Galton, D. M., Bauman, D. E., y Everett, R. W. 1997. Management and economics of extended calving intervals with use of bovine somatotropin. *Livestock Production Science*. 50:15–28 p.
- Arbel**, R., Y. Bigun, E. Ezra, H. Sturman, and D. Hojman. 2001. The effect of extended calving intervals in high lactating cows on milk production and profitability. *Journal of Dairy Science*. 84:600–608 p.
- Bertilsson**, J., y Osterman, S. 2003. Extended calving interval in combination with milking two or three times per day: effects on milk production and milk composition. *Livestock Production Science*. 82:139–149 p.
- Brotherstone**, S., Thompson, R., y White, I. M. S. 2004. Effects of pregnancy on daily milk yield of Holstein – Friesian dairy cattle. *Livestock Production Science*. 87:265–269 p.
- Butler**, W. R. 2000. Nutritional interactions with reproductive performance in dairy cattle. *Animal Reproduction Science*. 60-61:449–457 p.
- Butler**, W.R. 1998. Review: Effect of protein nutrition on ovarian and uterine physiology in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 81:2533–2539 p.
- Capuco**, A. V, Wood, D. L., Baldwin, R., Mcleod, K., y Paape, M. J. 2001. Mammary Cell Number, Proliferation, and Apoptosis During a Bovine Lactation : Relation to Milk Production and Effect of bST 1. *Journal of Dairy Science*, 84:2177–2187 p.
- Carriquiry**, M., Weber, W. J., y Crooker, B. A. 2008. Administration of Bovine Somatotropin in Early Lactation : A Meta- Analysis of Production Responses by Multiparous Holstein Cows 1. *Journal of Dairy Science*, 91:2641–2652 p.
- Dohoo**, I. R., Leslie, K., Descôteaux, L., Fredeen, A., Dowling, P., Preston, A., y Shewfelt, W. 2003. A meta-analysis review of the effects of recombinant bovine somatotropin 1 . Methodology and effects on production Résumé.

The Canadian Journal of Veterinary Research 4:241–251 p.

- Flores**, J.; García, J. E.; Mellado, J.; Gaytán, L.; de Santiago, A.; Mellado, M. 2019. Effect of growth hormone on milk yield and reproductive performance of subfertile Holstein cows during extended lactations. Spanish Journal of Agricultural Research. 17:40 p.
- Gaillard**, C., Martin, O., Blavy, P., Friggens, N. C., Sehested, J., y Phuong, H. N. 2016. Prediction of the lifetime productive and reproductive performance of Holstein cows managed for different lactation durations , using a model of lifetime nutrient partitioning. Journal of Dairy Science. 99:1–10 p.
- Garnsworthy**, P. 2004. The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. Animal Feed Science and Technology. 112:211–223 p.
- Ingvartsen**, K. L., Dewhurst, R. J., y Friggens, N. C. 2003. On the relationship between lactational performance and health: is it yield or metabolic imbalance that cause production diseases in dairy cattle ? A position paper. Livestock Production Science. 83:277–308 p.
- Knight**, C. H. 2000. Biological control of lactation length. Livestock Production Science. 50:1–3 p.
- Knight**, C. H. 2005. Extended lactation: Turning theory into reality Extended Lactation: Turning Theory into Reality. Advances in Dairy Technology. 17:113-123 p.
- Larsson**, B., y Berglund, B. 2000. Reproductive Performance in Cows with Extended Calving Interval. Reproduction Domestic Animal. 35:277-280 p.
- Lehmann**, J. O., Mogensen, L., y Kristen, T. 2014. Extended lactations may improve cow health , productivity and reduce greenhouse gas emissions from organic dairy production. Organic Agriculture. 4:295–299 p.
- Lehmann**, J. O., Mogensen, L., y Kristensen, T. 2017. Early lactation production , health , and welfare characteristics of cows selected for extended lactation.

Journal of Dairy Science.100:1–15 p.

- Lehmann, J. O.,** Mogensen, L., y Kristensen, T. 2019. Extended lactations in dairy production : Economic , productivity and climatic impact at herd , farm and sector level. *Livestock Science*. 220:100–110 p.
- Maciel, G. M.,** Poulsen, N. A., Larsen, M. K., Kidmose, U., Gaillard, C., Sehested, J., y Larsen, L. B. 2016. Good sensory quality and cheesemaking properties in milk from Holstein cows managed for an 18-month calving interval. *Journal of Dairy Science*. 99:1–13 p.
- Mellado, M.,** Flores, J. M., de Santiago, A., Veliz, F. G., Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., y García, J. E. 2016. Extended lactation in high-yielding Holstein cows: Characterization of milk yield and risk factors for lactations >450 days. *Livestock Science*. 189:50–55 p.
- Mellado, M.,** Sepulveda, E., Meza-Herrera, C., Veliz, F.G., Arevalo, J.R., Mellado, J., De Santiago, A. 2012. Effects of heat stress on reproductive efficiency of high yielding Holstein cows in a hot-arid environment. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 26:193–200 p.
- Miller, N.,** Delbecchi, L., Petitclerc, D., Wagner, G. F., Talbot, B. G., y Lacasse, P. 2006. Effect of Stage of Lactation and Parity on Mammary Gland Cell Renewal 1. *Journal of Dairy Science*. 89:4669–4677 p.
- National Research Council.** 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, seventh revised edition. National Academy Press, Washington, DC.
- Overg, J.** 2016. Extended lactation in danish. PhD Thesis. Aarhus University. Denmark. 148 p.
- Pryce, J. E.,** Royal, M. D., Garnsworthy, P. C., y Mao, I. L. 2004. Fertility in the high-producing dairy cow. *Livestock Production Science*. 86:125–135 p.
- Sawa, A.,** y Bogucki, M. 2009. Effect of extended lactations on cow milk and reproductive performance. *Research Institute for the Biology of Farm Animals*. 52:219–229 p.

- Sehested**, J., Gaillard, C., Lehmann, J. O., Maciel, G. M., Vestergaard, M., Weisbjerg, M. R., ... Kristensen, T. 2019. Review: extended lactation in dairy cattle. *Animal Science*. 13:65-74 p.
- Sorensen**, A., y Knight, C. H. 2002. Endocrine profiles of cows undergoing extended lactation in relation to the control of lactation persistency. *Domestic Animal Endocrinology*. 23:111–123 p.
- Sorensen**, A., Muir, D. D., y Knight, C. H. 2008. Extended lactation in dairy cows: effects of milking frequency, calving season and nutrition on lactation persistency and milk quality. *Journal of Dairy Research*. 75: 90–97 p.
- Taylor**, P., Street, M., Wt, L., Scandinavica, A. A., Animal, S. A., Rehn, H., y Berglund, B. 2010. Calving Intervals of 12 and 15 Months Milk Production in Swedish Dairy Cows Managed for Calving Intervals of 12 and 15 Months. *Acta Agriculturae Scandinavica Animal Science*. 50:263-271 p.
- Vries**, A. De. 2006. Economic Value of Pregnancy in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 89:3876–3885 p.
- Westwood**, C.T., Lean, I.J., Kellaway, R.C. 1998. Indications and implications for testing of milk urea in dairy cattle: a quantitative review Part 2. Effect of dietary protein on reproductive performance. *New Zealand Veterinary Journal*. 46:123–140 p.